

VDM[®] Alloy 400

Nicorros

VDM® Alloy 400

Nicorros

VDM® Alloy 400 ist eine einphasige Nickel-Kupfer-Mischkristalllegierung mit ausgezeichneter Korrosionsbeständigkeit in einem weiten Bereich korrosiver Medien.

VDM® Alloy 400 ist gekennzeichnet durch:

- Unempfindlichkeit gegen chloridinduzierte Spannungsrisskorrosion
- Hervorragende Zähigkeit auch bei tiefen Anwendungstemperaturen
- Einfache Verarbeitbarkeit im Vergleich zu anderen hochlegierten Werkstoffen
- Zugelassen für Druckbehälter von -10 bis 425 °C gemäß VdTÜV Werkstoffblatt 263 und bis max. 480 °C nach ASME Boiler and Pressure Vessel Code.

Bezeichnungen und Normen

Normung	Werkstoffbezeichnung
EN	2.4360 - NiCu30Fe
ISO	NiCu30
UNS	N04400
AFNOR	NU 30
BS	NA 13

Tabelle 1a – Bezeichnungen und Normen

Bezeichnungen und Normen

Produktform	DIN	VdTÜV	ISO	ASTM	ASME	SAE AMS	NACE	Sonstige
Blech	17743 17750	263	6208	B 127	SB 127	4544	MR 0175/ISO 15156 MR 0103	QQ-N-281, Form 4, 6
Band	17743		6208	B 127	SB 127	4544	MR 0175/ISO 15156	API 5LD QQ-N-281, Form 5
Stange, Schmiedeteil	17743 17752 17754	263	9723	B 164 B 564	SB 164	4675	MR 0175/ISO 15156 MR 0103	QQ-N-281, Form 1, 2
Draht	17743			B 164				

Tabelle 1b – Bezeichnungen und Normen

Chemische Zusammensetzung

	Ni	Fe	C	Mn	Si	Al	Cu
Min.	63	1					28
Max.		2,5	0,15	2	0,5	0,5	34

Tabelle 2 – Chemische Zusammensetzung (%)

Physikalische Eigenschaften

Dichte	Schmelzbereich	Curietemperatur
8,82 g/cm ³ bei 20 °C	1.300-1.350 °C	20-50 °C

Temperatur	Spezifische Wärme	Wärmeleitfähigkeit	Elektrischer Widerstand	Elastizitätsmodul	Mittlerer lin. Ausdehnungskoeffizient
°C	$\frac{J}{kg \cdot K}$	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\mu\Omega \cdot cm$	GPa	$10^{-6} \frac{K}{K}$
20	452	23,0	51,3	182	
100	461	25,4	54,0	180	13,8
200	473	28,7	55,5	177	14,5
300	484	31,9	57,5	170	14,9
400	495	34,7	58,5	165	15,2
500	523	38,4	60,0	150	15,6
600	544	41,2	61,8		16,0
700	555	43,1	63,5		16,4
800	566	45,1	65,5		16,8
900	577	47,5	67,5		17,3
1.000	587	50,0			
1.150	603	52,9			

Tabelle 3 – Typische physikalische Eigenschaften von VDM® Alloy 400 bei Minus-, Raum- und erhöhten Temperaturen

Mikrostrukturelle Eigenschaften

VDM® Alloy 400 ist eine binäre Nickel-Kupfer-Legierung mit einer kubisch-flächenzentrierten Kristallstruktur.

Mechanische Eigenschaften

Die folgenden mechanischen Eigenschaften von VDM® Alloy 400 gelten für die beschriebenen Zustände und Spezifikationen in den angegebenen Halbzeugformen und Abmessungen (vgl. Kapitel Verfügbarkeit). Für andere Abmessungen sind die Eigenschaften gesondert zu vereinbaren.

Temperatur °C	Dehngrenze Rp 0,2 MPa	Zugfestigkeit Rm MPa
20	175	450
100	150	420
200	135	390
300	130	380
400	130	370
425	130	370

Tabelle 4 – Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen gemäß VdTÜV Werkstoffblatt 263

Produktform	Wärmebehandlung	Norm	Dehngrenze Rp 0,2 MPa	Zugfestigkeit Rm MPa	Bruchdehnung A %
Blech / Stange	spannungsarm geglüht	ASTM, ASME	275-415	550-600	≥ 20
Blech / Stange	spannungsarm geglüht	DIN	≥ 300	≥ 550	≥ 25
Blech / Stange	weich geglüht	ASTM, ASME, QQN	≥ 195	≥ 480	≥ 35
Blech / Stange	weich geglüht	DIN, VdTÜV ¹⁾	≥ 175	≥ 450	≥ 30

¹⁾ Die VdTÜV-Werte gelten für folgende Abmessungen: max. Dicke Blech = 50 mm, max. Durchmesser Stange = 200 mm

Tabelle 5 – Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur, Mindestwerte

ISO-V Kerbschlagzähigkeit

Mittelwert, Raumtemperatur, weichgeglüht: 150 J/cm²

Mittelwert, Raumtemperatur, spannungsarm geglüht: > 100 J/cm²

Quelle: VdTÜV Werkstoffblatt 263

Härte Rockwell HRB

spannungsarm geglüht, Raumtemperatur, DIN: ≥ 170

weich geglüht, Raumtemperatur, DIN, VdTÜV: ≤ 150

Korrosionsbeständigkeit

VDM® Alloy 400 besitzt eine ausgezeichnete Beständigkeit gegenüber neutralen und alkalischen Salzen und ist seit vielen Jahren der Standardwerkstoff für Anlagen zur Herstellung von Salz. VDM® Alloy 400 ist einer der wenigen Werkstoffe, der im Kontakt mit Fluor, Flusssäure und Fluorwasserstoff oder ihren Verbindungen verwendet werden kann. Der Werkstoff zeigt eine sehr hohe Beständigkeit gegenüber alkalischen Medien. Auch das Verhalten in Meerwasser ist ausgezeichnet im Vergleich zu Kupfer-Basislegierungen mit erhöhter Beständigkeit gegen Kavitation. VDM® Alloy 400 kann im Kontakt mit stark verdünnten Mineralsäuren, wie Schwefel- und Salzsäure, verwendet werden, sofern diese unbelüftet sind.

Da die Legierung kein Chrom enthält, können die Korrosionsraten unter oxidierenden Bedingungen bedeutend ansteigen. Während VDM® Alloy 400 gegen Spannungsrisskorrosion als beständig anzusehen ist, können sich aber Spannungsrisse in Gegenwart von Quecksilber oder in feuchten, belüfteten HF-Dämpfen zeigen. Eine Entspannungsglühung ist bei diesen Bedingungen notwendig.

Anwendungsgebiete

Typische Anwendungen von VDM® Alloy 400 sind:

- Speisewasser- und Dampferzeugerrohre in Kraftwerken
- Sole-Erhitzer und -Eindampfer in Salinen
- Schwefel- und Flusssäure-Alkylierungsanlagen
- Wärmetauscher in der chemischen Industrie
- Plattierkomponenten für Destillationsanlagen von Mineralöl

- Spritzonenverkleidung an Offshore-Plattformen
- Laufräder und Pumpenwellen in der Meerestechnik
- Raffinationsanlagen für die Herstellung von nuklearen Brennstoffen
- Pumpen und Ventile in Produktionsanlagen zur Herstellung von Tetrachlorethen (Perchlorethylen) und chlorierten Kunststoffen
- Erhitzerrohre für Monoethanolamin (MEA)
- Sauer gasbeständige Bauteile für die Erdöl- und Erdgasförderung

Verarbeitung und Wärmebehandlung

VDM® Alloy 400 ist nach den in der Industrie üblichen Verfahren gut zu verarbeiten.

Aufheizen

Es ist wichtig, dass die Werkstücke vor und während der Wärmebehandlung sauber und frei von jeglichen Verunreinigungen sind. Schwefel, Phosphor, Blei und andere niedrigschmelzende Metalle können bei der Wärmebehandlung von VDM® Alloy 400 zur Schädigung führen. Derartige Verunreinigungen sind auch in Markierungs- und Temperaturanzeiger-Farben oder -Stiften sowie in Schmierfetten, Ölen, Brennstoffen und dergleichen enthalten. Die Brennstoffe müssen einen möglichst niedrigen Schwefelgehalt aufweisen. Erdgas sollte einen Anteil von weniger als 0,1 Gew.-% Schwefel enthalten. Heizöl mit einem Schwefelgehalt von max. 0,5 Gew.-% ist ebenfalls geeignet. Elektroöfen sind wegen der genauen Temperaturführung und Freiheit von Verunreinigungen durch Brennstoffe zu bevorzugen. Die Ofenatmosphäre sollte neutral bis leicht oxidierend eingestellt werden und darf nicht zwischen oxidierend und reduzierend wechseln. Die Werkstücke dürfen nicht direkt von den Flammen beaufschlagt werden.

Warmumformung

VDM® Alloy 400 kann im Temperaturbereich zwischen 800 bis 1200 °C warmgeformt werden, jedoch sollten unter 925 °C nur leichte Umformungen erfolgen. Warmbiegen erfolgt bei 1200 bis 1025 °C. Zum Aufheizen sind die Werkstücke in den bereits auf maximale Warmformtemperatur aufgeheizten Ofen einzulegen. Wenn der Ofen danach wieder seine Temperatur erreicht hat, sollten die Werkstücke für ca. 60 Minuten je 100 mm Dicke gehalten werden. Danach sollte das Werkstück umgehend aus dem Ofen entnommen und innerhalb des oben aufgeführten Temperaturintervalls umgeformt werden. Eine Weichglühung nach der Warmumformung wird zur Erzielung optimaler mechanischer Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeit empfohlen.

Kaltumformung

VDM® Alloy 400 ist sehr gut kalt umformbar. Es weist aber eine etwas höhere Kaltverfestigung als Kohlenstoffstahl auf. Dies muss bei der Auslegung und Auswahl von Umformwerkzeugen und -anlagen und der Planung von Umformprozessen berücksichtigt werden. Bei starken Kaltverformungen sind Zwischenglühungen notwendig. Durch Kaltverfestigung lässt sich aber auch die Festigkeit von VDM® Alloy 400 erhöhen. Eine Entspannungsglühung wird jedoch danach empfohlen, besonders beim Einsatz in Medien, die bei Nickel-Kupfer-Legierungen Spannungsrisskorrosion auslösen können, z.B. Quecksilber und seine Verbindungen oder Fluorkieselsäure.

Wärmebehandlung

Die Weichglühung sollte bei Temperaturen von 700 bis 900 °C erfolgen, vorzugsweise bei etwa 825 °C.

Die Haltezeit beim Glühen richtet sich nach der Halbzeugdicke und berechnet sich wie folgt:

- Für Halbzeugdicken $d \leq 10\text{mm}$ ist die Haltezeit $t = d \cdot 3\text{min/mm}$.
- Für Halbzeugdicken $d = 10\text{-}20\text{mm}$ ist die Haltezeit $t = 30\text{min} + (d - 10\text{mm}) \cdot 2\text{min/mm}$
- Für Halbzeugdicken $d > 20\text{mm}$ ist die Haltezeit $t = 50\text{min} + (d - 20\text{mm}) \cdot 1\text{min/mm}$

Die Haltezeit beginnt mit dem Temperatenausgleich des Werkstücks. Zur Erzielung optimaler Korrosionseigenschaften ist beschleunigt mit Luft abzukühlen. Zur Bildung einer Feinkornstruktur ist die Einhaltung von Wärmebehandlungstemperatur und -zeit sehr wichtig. Die Werte sind präzise festzulegen. Unter bestimmten Umständen ist eine Festigkeitssteigerung durch Kaltumformung vorteilhaft. Eine Spannungsarmglühung bei etwa 550 °C bis 650 °C sollte im Anschluss erfolgen, um Spannungsrisskorrosion vorzubeugen.

Bei jeder Wärmebehandlung ist das Material in den bereits auf maximale Glühtemperatur aufgeheizten Ofen einzulegen. Für die Produktformen Band und Draht kann die Wärmebehandlung im Durchlaufofen mit an die Materialdicke angepasster Geschwindigkeit und Temperatur erfolgen. Die unter im Abschnitt ‚Aufheizen‘ aufgeführten Sauberkeitsanforderungen sind zu beachten.

Entzundern und Beizen

Oxide auf VDM® Alloy 400 und Verfärbungen im Bereich von Schweißnähten müssen vor dem Einsatz entfernt werden. Vor dem Beizen in heißer Schwefelsäure ist ein Strahlen der Oberflächen hilfreich, um die Beizzeiten zu verkürzen. Beizen in Salpeter-Flusssäure-Gemischen führt zur Bildung gesundheits- und umweltgefährdender, nitroser Gase und ist nicht zu empfehlen.

Spanabhebende Bearbeitung

VDM® Alloy 400 kann im weichgeglühten Zustand gut bearbeitet werden. Kaltverfestigtes, spannungsarm geglühtes Material zeigt in den meisten Zerspanungsprozessen ein günstigeres Bearbeitungsverhalten. Da die Legierung zur Kaltverfestigung neigt, sollte eine niedrige Schnittgeschwindigkeit gewählt werden und das Schneidwerkzeug ständig im Eingriff bleiben. Eine ausreichende Spantiefe ist wichtig, um die zuvor entstandene kaltverfestigte Zone zu unterschneiden. Entscheidenden Einfluss auf einen stabilen Zerspanungsprozess hat eine optimale Wärmeabfuhr durch große Mengen geeigneter, vorzugsweise wasserhaltiger Kühlschmierstoffe.

Schweißtechnische Hinweise

Beim Schweißen von Nickellegierungen und Sonderedelstählen sind die nachfolgenden Hinweise zu berücksichtigen:

Arbeitsplatz

Ein separat angeordneter Arbeitsplatz ist vorzusehen, der deutlich getrennt von den Bereichen ist, in denen C-Stahl verarbeitet wird. Größte Sauberkeit ist Voraussetzung und Zugluft beim Schutzgasschweißen ist zu vermeiden.

Hilfsmittel und Kleidung

Saubere Feinlederhandschuhe und saubere Arbeitskleidung sind zu verwenden.

Werkzeug und Maschinen

Werkzeuge die für andere Werkstoffe verwendet werden, dürfen nicht für Nickellegierungen und Edelstähle eingesetzt werden. Es sind ausschließlich Edelstahlbürsten zu verwenden. Ver- und Bearbeitungsmaschinen wie Scheren, Stanzen oder Walzen sind so auszurüsten (Filz, Pappe, Folien), dass über diese Anlagen die Werkstückoberflächen nicht durch das Eindrücken von Eisenpartikeln beschädigt werden können, was letztlich zu Korrosion führen kann.

Schweißnahtvorbereitung

Die Schweißnahtvorbereitung ist vorzugsweise auf mechanischem Wege durch Drehen, Fräsen oder Hobeln vorzunehmen. Abrasives Wasserstrahlschneiden oder Plasmaschneiden ist ebenfalls möglich. In letzterem Fall muss jedoch die Schnittkante (Nahtflanke) sauber nachgearbeitet werden. Zulässig ist vorsichtiges Schleifen ohne Überhitzung.

Zünden

Das Zünden darf nur im Nahtbereich, z. B. an den Nahtflanken oder auf einem Auslaufstück und nicht auf der Bauteiloberfläche, vorgenommen werden. Zündstellen sind Stellen, an denen es bevorzugt zu Korrosion kommen kann.

Öffnungswinkel

Im Vergleich zu C-Stählen weisen Nickellegierungen und Sonderedelstähle eine geringere Wärmeleitfähigkeit und eine höhere Wärmeausdehnung auf. Diesen Eigenschaften ist durch größere Wurzelspalte bzw. Stegabstände (1 – 3 mm) Rechnung zu tragen. Aufgrund der Zähflüssigkeit des Schweißgutes (im Vergleich zu Standardausteniten) und der Schrumpfungstendenz sind Öffnungswinkel von 60 bis 70 ° – wie Abbildung 3 zeigt – für Stumpfnähte vorzusehen.

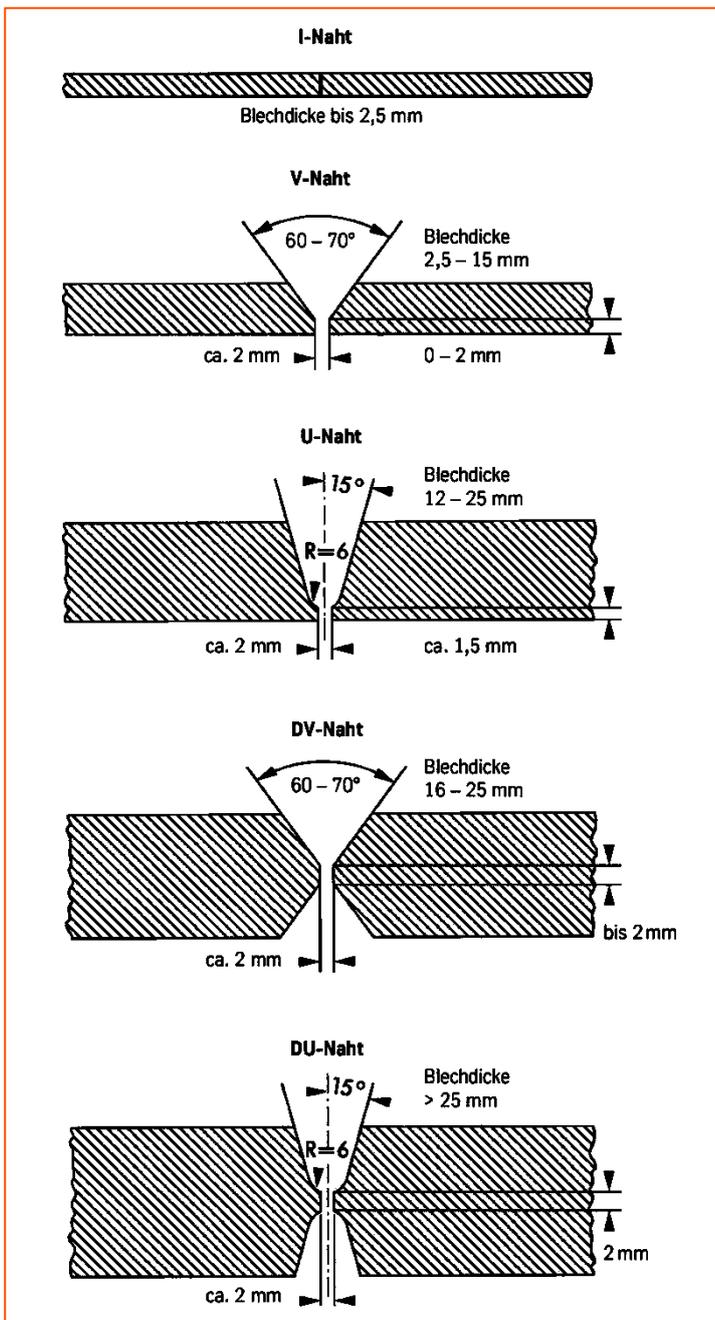


Abbildung 1 – Nahtvorbereitungen für das Schweißen von Nickellegierungen und Sonderedelstählen

Reinigung

Die Reinigung des Grundwerkstoffes im Nahtbereich (beidseitig) und des Schweißzusatzes (z. B. Schweißstab) sollte mit Aceton erfolgen.

Schweißverfahren

Der Werkstoff VDM® Alloy 400 ist mit den gängigen Schmelzschweißverfahren schweißbar, wie zum Beispiel WIG, WIG-Heißdraht, Plasma, MIG/MAG und UP. Zum Schweißen sollte das Material im weichgeglühten Zustand vorliegen und frei von Zunder, Fett und Markierungen sein. Während des Schweißens ist auf höchste Sauberkeit zu achten.

Schweißzusatz

Als Schweißzusatz wird empfohlen:

VDM® FM 60 (W.-Nr. 2.4377) (WIG-Stab, Schweißdraht, Drahtelektrode)

VDM® WS 60 (W.-Nr. 2.4377) (Band für UP oder ES)

SG-NiCu30MnTi
AWS A5.14: ERNiCu-7
ISO 18274: S Ni 4060, NiCu30Mn3Ti

Der Einsatz von umhüllten Stabelektroden ist möglich.

Schweißparameter und Einflüsse

Es ist dafür Sorge zu tragen, dass mit gezielter Wärmeführung und geringer Wärmeeinbringung gearbeitet wird. Die Zwischenlagentemperatur sollte 150 °C nicht überschreiten. Die Strichraupentechnik ist anzuwenden. In diesem Zusammenhang ist auch auf die richtige Auswahl der Draht- und Stabelektroden Durchmesser zu achten. Aus den vorgenannten Hinweisen resultieren entsprechende Streckenenergien, die in Tabelle 6 beispielhaft dargestellt sind. Prinzipiell ist eine Kontrolle der Schweißparameter erforderlich.

Nachbehandlung

Bei optimaler Ausführung der Arbeiten führt das Bürsten direkt nach dem Schweißen, also im noch warmen Zustand, ohne zusätzliches Beizen zu dem gewünschten Oberflächenzustand, d. h. Anlauffarben können restlos entfernt werden. Beizen, wenn erforderlich, ist im Allgemeinen der letzte Arbeitsschritt an der Schweißung. Die Hinweise im Abschnitt 'Entzundern und Beizen' sind zu beachten. Wärmebehandlungen sind in der Regel weder vor noch nach dem Schweißen notwendig.

Richten (nach dem Schweißen oder Glühen)

Die Notwendigkeit des Richtens geschweißter Bauteile sollte durch eine geschickte Wahl der Nahtvorbereitung (zum Beispiel durch eine X-Naht anstelle einer V-Naht) und Schweißnahtfolge minimiert werden. Flammrichten sollte vermieden werden, da dies zu unerwünschten Gefügeveränderungen im Werkstoff führen kann.

Dicke (mm)	Schweiß- verfahren	Schweißzusatz		Wurzellage ¹⁾		Füll- und Decklage		Schweiß- geschwin- digkeit (cm/Min.)	Schutzgas	
		Durchmes- ser (mm)	Geschwin- digkeit (m/min.)	I in (A)	U in (V)	I in (A)	U in (V)		Art	Menge (l/min.)
3	m-WIG	2	-	9	10	110-120	11	10-15	I1, R1 mit max. 3% H2	8-10
6	m-WIG	2-2,4	-	100-110	10	120-130	12	10-15	I1, R1 mit max. 3% H2	8-10
8	m-WIG	2,4	-	100-110	11	130-140	12	10-15	I1, R1 mit max. 3% H2	8-10
10	m-WIG	2,4	-	100-110	11	130-140	12	10-15	I1, R1 mit max. 3% H2	8-10
3	v-WIG HD	1,2	0,5	-	-	150	10	25	I1, R1 mit max. 3% H2	15-20
5	v-WIG HD	1,2	0,5	-	-	150	10	25	I1, R1 mit max. 3% H2	15-20
4	Plasma ³⁾	1,2	0,5	165	25	-	-	25	I1, R1 mit max. 3% H2	30
6	Plasma ³⁾	1,2	0,5	190-200	25	-	-	25	I1, R1 mit max. 3% H2	30
8	MIG/MAG ⁴⁾	1	8	-	-	130-140	23-27	24-30	I1, R1 mit max. 3% H2	18-20
10	MIG/MAG ⁴⁾	1,2	5	-	-	130-150	23-27	20-26	I1, R1 mit max. 3% H2	18-20
12	UP	1,6	-	-	-	240-280	28	45-55	-	-
20	UP	1,6	-	-	-	240-280	28	45-55	-	-

¹⁾ Bei allen Schutzgasschweißungen ist auf ausreichenden Wurzelschutz mit z. B. Ar 4.6 zu achten.

²⁾ Die Wurzellage sollte manuell geschweißt werden (siehe Parameter m-WIG)

³⁾ empfohlenes Plasmagas Ar 4.6 / Plasmamenge 3,0 - 3,5 l/min

⁴⁾ Für MAG Schweißungen wird der Einsatz eines Mehrkomponenten-Schutzgases empfohlen.

Streckenergie kJ/cm:

WIG, manuell, mechanisiert max. 8; WIG-Heißdraht max. 6; MIG/MAG, manuell, vollmechanisiert max.11; Plasma max. 10, Lichtbogenschweißen max. 7

Die Angaben sind Anhaltswerte, die das Einstellen der Schweißmaschinen erleichtern sollen.

Tabelle 6 – Schweißparameter

Verfügbarkeit

VDM® Alloy 400 ist in den folgenden Standard-Halbzeugformen lieferbar:

Bleche

Lieferzustand: Warm- oder kaltgewalzt, wärmebehandelt, entzundert bzw. gebeizt

Lieferzustand	Dicke mm	Breite mm	Länge mm	Stückgewicht kg
Kaltgewalzt	1-7	≤ 2.500	≤ 12.500	
Warmgewalzt*	3-80	≤ 2.500	≤ 12.500	≤ 2.450

* Auf Anfrage Blechdicke bis 2 mm

Band

Lieferzustand: Kaltgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt oder blankgeglüht

Dicke mm	Breite mm	Coil-Innendurchmesser mm			
0,02-0,2	4-230	300	400	500	–
0,2-0,25	4-720	300	400	500	–
0,25-0,6	6-750	–	400	500	600
0,6-1	8-750	–	400	500	600
1-2	15-750	–	400	500	600
2-3,5	25-750	–	400	500	600

Bandbleche – vom Coil abgeteilt – sind in Längen von 250 bis 4.000 mm lieferbar.

Stangen

Lieferzustand: Geschmiedet, gewalzt, gezogen, wärmebehandelt, oxidiert, entzundert bzw. gebeizt, gedreht, geschält, geschliffen oder poliert

Abmessungen*	Lieferzustand	Außendurchmesser mm	Länge mm
Allgemeine Abmessungen	Warmgewalzt	6-800	1.500-12.000
Werkstoffspezifische Abmessungen	Warmgewalzt	12-500	1.500-12.000

*weitere Formen und Abmessungen auf Anfrage möglich

Draht

Lieferzustand: Blank gezogen, ¼ hart bis hart, blankgeglüht in Ringen, Behältern, auf Spulen und Kronenstöcken

Gezogen mm	Warmgewalzt mm
0,16-10	5,5-19

Weitere Formen und Abmessungen wie Ronden, Ringe, nahtlose bzw. längsnahtgeschweißte Rohre und Schmiedeteile können angefragt werden.

Impressum

23. November 2020

Herausgeber

VDM Metals International GmbH
Plettenberger Straße 2
58791 Werdohl
Germany

Disclaimer

Alle Angaben in diesem Datenblatt beruhen auf Ergebnissen aus der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit der VDM Metals International GmbH und den zum Zeitpunkt der Drucklegung zur Verfügung stehenden Daten der aufgeführten Spezifikationen und Standards. Die Angaben stellen keine Garantie für bestimmte Eigenschaften dar. VDM Metals behält sich das Recht vor, Angaben ohne Ankündigung zu ändern. Alle Angaben in diesem Datenblatt wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und erfolgen ohne Gewähr. Lieferungen und Leistungen unterliegen ausschließlich den jeweiligen Vertragsbedingungen und den Allgemeinen Geschäftsbedingungen der VDM Metals International GmbH. Die Verwendung der aktuellsten Version eines Datenblatts obliegt dem Kunden.

VDM Metals GmbH
Plettenberger Straße 2
58791 Werdohl
Germany

Telefon +49 (0)2392 55 0
Fax +49 (0)2392 55 22 17

vdm@vdm-metals.com
www.vdm-metals.com